



## TURBULEN: JURNAL TEKNIK MESIN UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

Homepage-artikel: [www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/](http://www.univ-tridianti.ac.id/ejournal/)



### DISTILASI AIR LAUT TENAGA SURYA DENGAN KONSENTRATOR LENS FRESNEL

Eko Yudiyanto<sup>1\*)</sup>, Asrori<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno Hatta No 09 Malang telp. 0341 550180

<sup>\*)</sup>Email: [eko.yudiyanto@polinema.ac.id](mailto:eko.yudiyanto@polinema.ac.id); [asrori@polinema.ac.id](mailto:asrori@polinema.ac.id)

#### INFORMASI ARTIKEL

Submitted:  
03/12/2018

Revised:  
17/01/2019

Accepted:  
18/01/2019

Print-Published:  
31/01/2019

#### ABSTRAK

Air minum merupakan kebutuhan yang mendasar bagi kehidupan. Pengelolaan air yang memerlukan biaya dan energi sangat besar perlu dicarikan alternatif solusi untuk menghasilkan proses yang murah. Penelitian tentang proses destilasi dilakukan untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut. Perlakuan dilakukan dengan metode eksperimen untuk menghasilkan proses destilasi purifikasi air dengan lensa fresnel yang berdimensi luasan efektif  $0,785 \text{ m}^2$  dan volume receiver adalah 200 mL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan konsentrator lensa fresnel mampu untuk membangkitkan uap. Uap ini selanjutnya dapat dikondensasikan untuk menghasilkan fresh water. Dari penelitian diperoleh rata-rata radiasi langsung matahari adalah  $531,98 \text{ Watt/m}^2$ . Rata-rata radiasi matahari normal dalam pengujian adalah  $515,7 \text{ W/m}^2$ . Temperatur rata-rata titik fokus pada cone receiver adalah  $520,4^\circ\text{C}$ . Proses pembangkitan fase uap basah diperoleh ketika temperatur air dalam receiver menunjukkan  $95^\circ\text{C}$ . Percobaan destilasi untuk air laut 200 mL dibutuhkan waktu 10 menit dimana ini terjadi pada kondisi panas sensibel hingga tekanan mencapai 4 bar. Uap air dialirkan kedalam kondensor sehingga diperoleh air hasil destilasi sebanyak 150 ml.

**Kata kunci:** lensa fresnel, destilasi matahari, air minum

#### ABSTRACT

Water supply is a basic need for life. Water management that requires a large amount of cost and energy is needed alternative solutions to produce a cheap process. Research on the distillation process was carried out to find solutions to these problems. The research was carried out by a experiment method to produce a distillation process for water purification. The experiment use an effective fresnel lens of  $0.785 \text{ m}^2$  and the receiver volume was 200 mL. The results of the study explained that using a fresnel lens concentrator was able to generate steam. The steam can be condensed to produce fresh water. Data from calculation obtained average direct solar radiation is  $531.98 \text{ Watts/m}^2$  and the power received by the receiver is  $346.61 \text{ Watt}$ . The average normal solar radiation in tests is  $515,7 \text{ W/m}^2$ . The average temperature of the focus point on the cone receiver is  $520,4^\circ\text{C}$ . The wet steam generation process is obtained when the water temperature in the receiver shows  $95^\circ\text{C}$ . Experiments of distillation for 200mL sea water needed 10 minutes to reach 4 bar of pressure. Steam is flowed into the condenser so that distilled water is obtained 150 ml.

**Keywords:** fresnel lens, solar destilation, drinking water

#### 1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan. Keberadaan air di bumi sangat melimpah, bahkan lebih dari 70 % permukaan bumi diselimuti oleh air. Sebagian besar air yang ada di bumi masih dalam bentuk air garam di laut dan es di kedua kutub

bumi. Kondisi air yang masih bercampur garam tidak semua dapat dimanfaatkan langsung dalam pemenuhan kebutuhan minum sehari-hari. Air minum sehat harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat. Saat ini metode yang tepat untuk mendapatkan air minum

yang sehat sesuai dengan ketentuan kesehatan sangat diperlukan. Dalam berbagai penelitian telah dikaji bahwa lebih dari 884 juta jiwa manusia belum bisa menikmati air bersih, sehingga harus mengonsumsi air tercemar (Said dan Iswadi, 2016). Hal ini disebabkan karena sumber air yang sudah terkontaminasi berbagai limbah dan pencemaran lingkungan. Kebutuhan air untuk konsumsi seluruh dunia berkisar 4500 milyar kubik air per tahun (Vousvouras dan Heierli, 2014). Kebutuhan itu meliputi bidang pertanian dan industri pertanian 92% bidang industri lainnya 2% dan bidang rumah tangga 6% (Jail et al, 2015).

Permasalahan krisis air bersih inipun pada saat ini juga sudah mulai melanda Indonesia. Meskipun negara ini merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya air, Indonesia masih saja mengalami kelangkaan air bersih. Sekitar 119 juta rakyat Indonesia belum memiliki akses terhadap air bersih. Akses air bersih di masyarakat pedesaan sebagian besar mendapatkan air bersih dari air sumur, sedangkan akses air bersih di masyarakat perkotaan sebagian besar berasal dari perusahaan penyedia air. Berbagai usaha telah dan sedang dilakukan untuk mengatasi permasalahan krisis air ini. Krisis air bukan hanya menjadi masalah Indonesia akan tetapi sudah menjadi masalah global. Jika situasi krisis air ini terus berlangsung, kekhawatiran dan ancaman keberlangsungan kehidupan di dunia.

Teknologi untuk mendapatkan air bersih terus dikembangkan mulai metode filtrasi, osmosis maupun purifikasi. Baik dengan cara kimiawi, fisika, mekanik ataupun penerapan bioteknologi. Air untuk konsumsi minum saat ini tidak cukup hanya menggunakan alat penjernih air. Hal ini disebabkan karena bahan baku air yang tersedia telah tercemar oleh bakteri atau zat-zat berbahaya. Bahkan, meski bakteri tersebut dapat dibunuh melalui pemasakan air hingga 100°C, banyak zat berbahaya, terutama logam, tidak dapat dihilangkan dengan cara ini. Oleh karenanya diperlukan metode yang lebih higienis yaitu dengan cara purifikasi atau pemurnian air. Dalam mendukung usaha itu perlu sebuah rancang bangun alat purifikasi air tenaga surya yang aman dan kaya sumber energi. Dalam penelitian ini teknologi purifikasi yang dikembangkan adalah destilasi model kolektor lensa fresnel.

### 1.1. Tujuan penelitian ini

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menghasilkan rancangan alat purifikasi air tenaga surya dengan menggunakan teknologi destilasi model kolektor lensa fresnel.
- Untuk mengetahui kapasitas yang dihasilkan.

### 1.2. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mengembangkan peralatan untuk ketesediaan air bersih dengan energi baru dan terbarukan,
- Sebagai wujud partisipasi masyarakat dalam hal pengurangan pemanasan bumi.
- Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi tepat guna dalam bidang konversi energi, yaitu dengan rancangan peralatan yang hemat energi.

### 1.3. Rumusan Masalah

Rumusan penelitian dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk rancangan sistem purifikasi air tenaga surya dengan menggunakan teknologi destilasi model kolektor lensa Fresnel dan berapa kapasitas yang dihasilkan

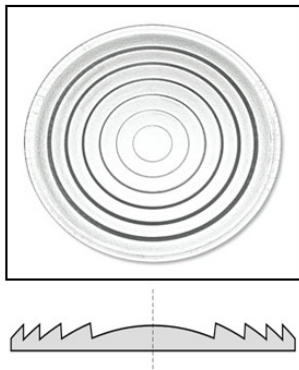
## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai alat destilasi air tenaga matahari (*solar distillation*) telah lama dilakukan. Rancangan alat asymmetrical solar still yang diterapkan di Somalia (Coffrin et al, 2008). Prototipe yang dihasilkan dalam pada pengujian di musim panas di Boston USA, dengan rata-rata energi yang tersedia 1800 Watt-jam/m<sup>2</sup> per hari diperoleh 8–16 liter per hari. Bentuk rancang bangun alat destilasi air menggunakan kolektor panas matahari adalah tipe parabolik memanjang *parabolic solar water distillation*. Panas matahari difokuskan oleh parabolik kanal pada pipa memanjang yang berisi air dan dihubungkan dengan alat destilasi tipe corong (Stonebraker et al, 2010). Pemakaian bahan baku air laut sebagai bahan destilasi juga telah dilakukan untuk mendapatkan air bersih. Pada titik didih air terjadi perubahan fase cair menjadi uap, selanjutnya dengan prinsip kondensasi uap yang akan berubah menjadi air murni. Alat yang dirancang mampu menghasilkan air sebanyak minimum 4 liter per hari (Iswadi dan Aisyah 2013).

### 2.2 Prinsip Dasar Lensa Fresnel

Lensa fresnel merupakan jenis lensa yang ditemukan oleh Count buffon dan Condorcet pada tahun 1743 yang digunakan untuk penerangan rumah. Selanjutnya dikembangkan oleh ahli fisika perancis Augustin Jean Fresnel tahun 1822 yang dipakai secara luas untuk lensa pembakar. Lensa fresnel tersusun berupa alur melingkar yang berbentuk prisma dengan sudut kemiringan tertentu untuk membentuk fokus.



**Gambar 1.** Bentuk permukaan lensa fresnel

Prinsip kerja dari lensa fresnel ini sebenarnya hampir sama dengan jenis lensa konvensional dalam hal menghasilkan jarak titik fokus maupun digunakan untuk pembesar, hanya ketebalan lensa yang lebih tipis seperti diilustrasikan dalam Gambar 1. Lensa fresnel memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan jenis lensa pembakar konvensional dengan permukaan cembung.

### 2.3 Perhitungan Parameter Lensa Fresnel

Parameter dan *performance* lensa fresnel ini dapat di hitung berdasarkan persamaan persamaan parameter berikut ini;

**a) f-number or focal ratio (f/#)**

$$f/\# = \frac{f}{CA} = \frac{0.88}{1} \quad (1)$$

dimana : f adalah jarak titik fokus terhadap permukaan lensa, and CA adalah diameter permukaan penangkapan lensa.

**b) Aperture Area (Af)**

Aperture Area adalah luasan bidang penangkapan dari lensa fresnel dengan diameter lensa fresnel = 1 m, adalah

$$A_f = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

**c) Receiver/absorber Area (Ar)**

Absorber area adalah luasan bidang permukaan receiver. Dalam penelitian ini luas permukaan receiver berbentuk bidang melingkar

$$A_r = \frac{\pi D_r^2}{4} \quad (3)$$

**d) Geometric Concentration Ratio (CRg)**

Geometric Concentration Ratio adalah perbandingan luasan bidang penangkapan (absorber/aperture area) dibagi dengan luasan penerima (receiver/absorber area)

$$CR_g = \frac{A_f}{A_r} \quad (4)$$

**e) Optical concentration ratio/The Flux Concentration (CRo)**

Optical concentration ratio CRo adalah fluks radiasi rata-rata ( $I_r$ ) yang terintegrasi di atas area penerima ( $A_r$ ) dibagi dengan *insiden insolation* pada bukaan kolektor. Secara matematis, ini mengambil bentuk

$$CR_o = \frac{\frac{1}{A_r} \int I_r dA_r}{I_a} \quad (5)$$

**f) Efisiensi lensa fresnel ( $\eta_o$ )**

Fresnel bahan PMMA ini tahan terhadap sinar matahari, menghasilkan suhu yang stabil hingga temperatur paling kurang 80°C, transmisivitas spektrum matahari yang bagus dan mempunyai indeks refraksi 1,49 yang mendekati dari bahan kaca (Leutz & Suzuki, 2001). Dengan desain dan produksi permukaan penangkapan lensa yang presisi akan menghasilkan efisiensi optikal yang cukup tinggi hingga 96,06% (Jing et al, 2010).

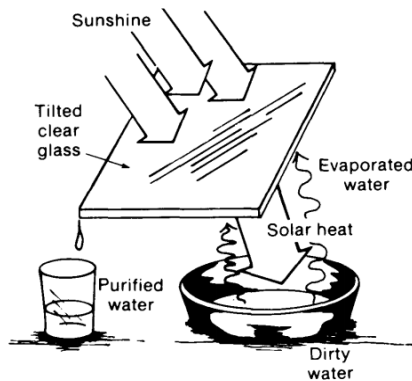
### 2.4 Prinsip Distilasi Air

Purifikasi air secara umum dapat dilakukan dengan 4 cara yaitu, distilasi, filtrasi, perlakuan kimiawi dan perlakuan iradiasi (Jain et al., 2004). Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap bahan. Dalam proses penjenihan air, proses distilasi dilakukan untuk memisahkan zat lain dalam air dan mendapatkan air yang jernih. Proses distilasi air dilakukan dengan pemanasan air hingga mencapai titik didih, dimana pada kondisi ini air akan berubah fase dari cair menjadi uap. Proses distilasi berlanjut dengan proses kondensasi, yaitu pengembunan uap air akibat proses pendinginan akan berubah menjadi fase air lagi. Air yang dihasilkan dalam proses tersebut telah bebas dari unsur kontaminasi polutan. Unsur-unsur polutan seperti garam, endapan partikel atau logam berat yang dibawa oleh air umpan akan mengendap dalam bak penyuling (*distiller basin*), proses distilasi air secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.

### 2.5 Prinsip Dasar Distilasi Air Tenaga Surya

Distilasi dengan tenaga sinar matahari merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan air bersih. Energi surya yang bersifat energi terbarukan sangat melimpah di alam dan perlu inovasi untuk pemanfaatannya. Secara prinsip, air umpan yang diletakkan dalam bak terbuka secara alami dengan adanya proses penguapan akibat panas matahari air akan menguap, selanjutnya uap air ini dapat ditangkap saat proses kondensasi. Dengan efek gravitasi, air yang menempel pada kaca miring akan mengalir ke dalam penampungan air dan air yang diperoleh ini sudah bisa dikategorikan air

bersih yang layak langsung konsumsi. Prinsip sederhana proses distilasi air tawar dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Ilustrasi proses distilasi air dengan tenaga panas matahari (sumber: McCluney, 1984)

## 2.6 Perubahan Fasa

Dalam proses distilasi, peran yang menentukan berhasilnya sistem yang dibangun adalah aliran kalor yang terjadi. Kalor yang diberikan pada air umpan yang digunakan akan digunakan untuk meningkatkan temperatur dan melakukan perubahan fase. Perubahan fase dari fase cair ke fase gas dilakukan dengan proses peningkatan temperatur sampai titik didih pada tekanan tertentu, selanjutnya air akan merubah wujudnya dengan kalor laten yang diserapnya.

### a. Kapasitas kalor dan kalor jenis

Kapasitas kalor  $C$  adalah jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari suatu sampel bahan sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta Q = C \Delta T \quad (6)$$

Kapasitas panas dari beberapa benda sebanding dengan massanya, maka lebih mudah bila didefinisikan kalor jenis ( $c$ ). Kalor jenis merupakan jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 1 gr massa bahan sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta Q = m c \Delta T \quad (7)$$

Pada kenyataannya nilai kalor spesifik tidak konstan. Kalor spesifik berubah terhadap perubahan temperatur, sehingga harga di atas hanya berlaku pada kondisi untuk perubahan temperatur yang kecil. Pada kondisi nyata, perhitungan kalor yang terjadi dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut; (Incropera, 1996)

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} c dT \quad (8)$$

### b. Kalor Laten

Perubahan temperatur suatu bahan biasanya terjadi jika ada perpindahan kalor antara bahan dengan lingkungannya. Pada saat terjadi perubahan fasa, aliran kalor dari lingkungan ini tidak merubah temperaturnya. Kalor yang mengalir kedalam suatu bahan yang menyebabkan terjadinya perubahan fasa ini disebut sebagai kalor Laten. Kalor laten bekerja untuk kondisi bahan berubah dari padat menjadi cair (mencair), cair menjadi uap (mendidih) dan perubahan struktur kristal (zat padat). Besarnya nilai kalor yang diperlukan untuk merubah fasa dari suatu bahan dinyatakan dengan

$$Q = m L \quad (9)$$

Dimana  $m$  adalah massa bahan dan  $L$  adalah kalor laten.

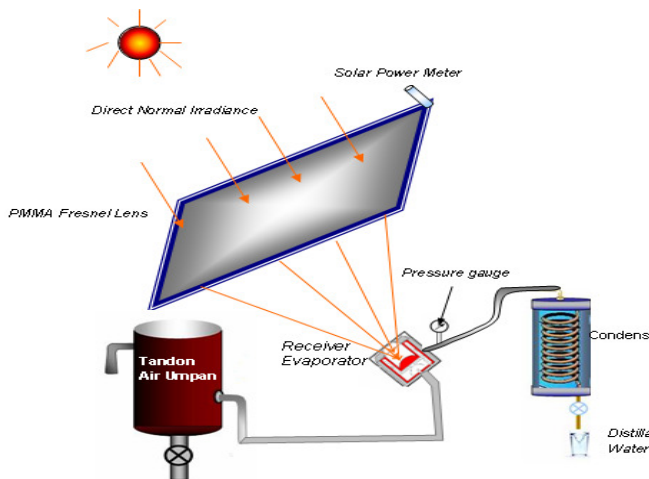
## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian didahului dengan perancangan dan pembuatan alat (penelitian desain) yang dilanjutkan dengan *true experimental research* untuk mengumpulkan data-data penelitian.

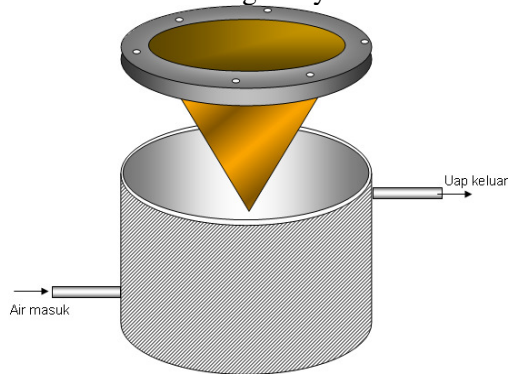
Rancangan prototipe alat purifikasi air tenaga surya dengan menggunakan teknologi distilasi model kolektor lensa fresnel dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan rancangan diuraikan prinsip kerja dan bagian-bagian dari alat purifikasi air tenaga surya sebagai berikut:

1. Lensa Fresnel berfungsi untuk mengkolektor dan mengkonsentrasikan sinar matahari sehingga pada titik fokusnya diperoleh suhu yang sangat tinggi. Fresnel yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:
  - Diameter = 900 mm
  - Luas penampang efektif =  $0.785 \text{ m}^2$
  - Ketebalan fresnel 3 mm
  - *Groove pitch* 0.5 mm
  - Jarak fokus 880 mm
  - Diameter *circular* fokus 20mm
2. *Receiver/evaporator* yang terbuat dari plat tembaga yang berbentuk tabung kerucut berongga (*Cone cavity receiver*), yang berfungsi penerima sinar matahari yang terkonsentrasi. *Cone receiver* dapat dilihat pada Gambar 4. Temperatur konsentrasi yang sangat tinggi akan membuat *receiver* ini berfungsi seperti *boiler* yang bertekanan sehingga air dalam temperatur tertentu akan berubah menjadi uap. Uap air yang mendidih selanjutnya akan masuk pada kondensor dan penukar kalor untuk proses kondensasi.





**Gambar 3.** Skema rancangan alat purifikasi air tenaga surya



**Gambar 4.** Rancangan evaporator bentuk *Cone cavity receiver*

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perancangan alat distilasi

Hasil perancangan prototipe konstruksi prototipe alat purifikasi air tenaga surya dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan estimasi dan pradesain yang telah dibuat maka dilakukan perakitan alat distilasi air laut. Bagian utama dari peralatan ini adalah lensa fresnel, receiver dan kondensor. Selanjutnya dilakukan pengujian dan pengambilan data yang meliputi radiasi matahari, temperatur, tekanan dan volume air kondensat.

### 4.2 Pengukuran *Direct Normal Irradiation* (DNI)

Radiasi matahari normal/langsung atau yang dikenal dengan *Direct Normal Irradiation* (DNI) digunakan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dapat dimanfaatkan oleh lensa fresnel sebagai bentuk energi panas. Pada penelitian ini di ukur dalam kondisi langit cerah (*clear sky*) yang dilakukan selama 3 hari. Hasil pengukuran dari alat solar power meter tersebut ditampilkan dalam Gambar 6.



**Gambar 5.** Konstruksi prototipe alat purifikasi air tenaga surya

### 4.3 Energi Refraksi Lensa Fresnel

Asumsi rata-rata radiasi langsung yang masuk ke fresnel ( $A = 0.785 \text{ m}^2$ ) pada kondisi steady state adalah  $531,98 \text{ Watt/m}^2$  dengan efisiensi optikal 83% (Valmiki et al, 2011), maka energi yang diterima receiver adalah:

$$Q_f = \eta_o A_f \int_0^t I_{bn} dt$$

Dimana:  $Q_f$  adalah energi yang diteruskan oleh lensa fresnel (kWh),  $I_{bn}$  adalah radiasi langsung ( $\text{kW/m}^2$ ),  $A_f$  adalah aperture area lensa fresnel ( $\text{m}^2$ ) dan  $t$  adalah waktu pengujian (jam). Maka dengan demikian dapat energi persatuan waktu yang diterima receiver adalah

$$\begin{aligned} \frac{Q_f}{t} &= \dot{Q}_f = \eta_o \cdot A_f \cdot I_{bn} \\ &= 0,83 \times 0,785 \times 531,98 \\ &= 346,61 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### 4.4 Pengukuran Temperatur dan Tekanan pada *Cone Receiver*

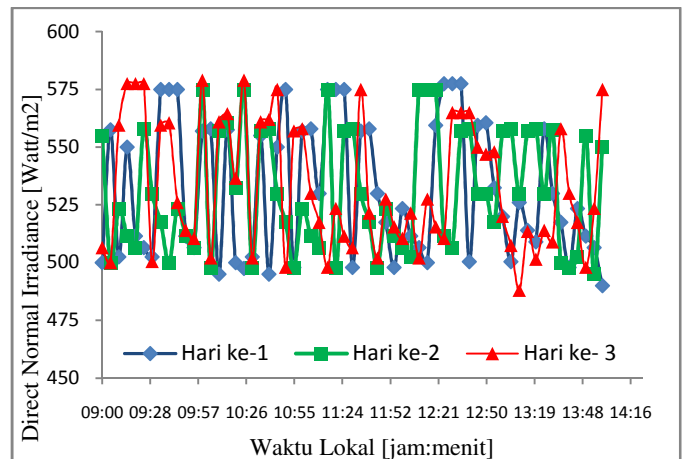
Temperatur yang diukur dalam penelitian ini terdiri dari Temperatur Titik Fokus ( $T_f$ ), Temperatur Dinding Receiver ( $T_d$ ). Sedangkan pemasangan Pressure Gauge pada receiver digunakan untuk mengukur Tekanan ( $P$ ) akibat panas terkonsentrasi pada permukaan receiver tersebut. Selain itu untuk mengkondisikan tekanan yang disetting maka pada sisi keluaran dari receiver dipasang dengan *relief valve*. Tabel.1 menunjukkan hasil pengukuran radiasi matahari dari pukul 9.00 sampai 14.00. waktu tersebut merupakan waktu efektif penangkapan sinar matahari.

**Tabel 1.** Pengukuran radiasi matahari dalam Watt/m<sup>2</sup>

Waktu	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
9:00	500	555	507
9:05	558	500	500
9:10	503	524	560
9:15	550	512	578
9:20	512	507	578
9:25	507	558	578
9:30	503	530	501
9:35	575	518	560
9:40	575	500	561
9:45	575	524	526
9:50	512	512	514
9:55	507	507	511
10:00	557	575	579
10:05	558	498	502
10:10	495	557	561
10:15	558	561	565
10:20	500	533	537
10:25	498	575	579
10:30	503	498	502
10:35	555	557	561
10:40	495	558	562
10:45	550	530	575
10:50	575	518	498
10:55	498	498	557
11:00	557	524	558
11:05	558	512	530
11:10	530	507	518
11:15	575	575	498
11:20	575	498	524
11:25	575	557	512
11:30	498	558	507
11:35	557	530	575
11:40	558	518	522
11:45	530	498	502
11:50	518	524	528
11:55	498	512	516
12:00	524	507	511
12:05	512	503	522
12:10	507	575	502
12:15	500	575	528
12:20	560	575	516
12:25	578	512	511
12:30	578	507	565
12:35	578	557	565
12:40	501	558	565
12:45	560	530	550
12:50	561	530	547
12:55	533	518	548
13:00	520	557	520
13:05	501	558	508
13:10	526	530	488
13:15	514	557	514
13:20	509	558	502
13:25	558	530	514
13:30	530	558	509
13:35	518	500	558
13:40	498	498	530
13:45	524	503	518
13:50	512	555	498
13:55	507	495	524
14:00	490	550	575

Gambar 6 menunjukkan grafik radiasi matahari normal terhadap waktu lokal yang menunjukkan

berapa besar nilai energi yang dapat ditangkap oleh bumi pada tempat dan waktu setempat.

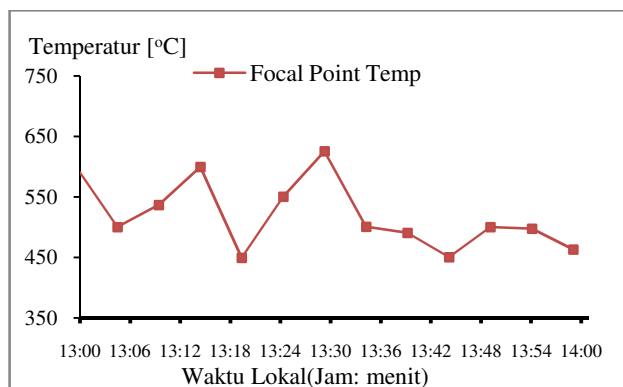
**Gambar 6.** Grafik radiasi matahari normal terhadap waktu lokal

Dari data dan grafik yang ada tampak bahwa ada pengaruh kenaikan radiasi langsung (DNI) dari sinar matahari terhadap perubahan temperatur pada titik fokus pada *receiver*. Rata-rata radiasi matahari normal (DNI) selama pengujian diperoleh nilai 515,7 W/m<sup>2</sup>. Daya tersebut merupakan potensi energi matahari yang selanjutnya akan digunakan untuk memanaskan air. Daya matahari per satuan luas tersebut ditangkap oleh fresnel dan difokuskan ke *receiver cone*. Selanjutnya panas dari *receiver* akan digunakan untuk memanaskan air yang ada didalam *receiver cone*.

Panas yang dihasilkan sangat tinggi dan mampu untuk mengubah air di dalam *receiver cone* menjadi uap air. Untuk mengetahui kecepatan peningkatan temperatur di fokus lensa fresnel dilakukan pengukuran yang di tunjukkan pada Tabel 2. Temperatur rata-rata titik fokus pada *cone receiver* yang diperoleh dari lensa fresnel seluas 0,785 m<sup>2</sup> untuk kapasitas *receiver* 200 mL adalah 520,4°C.

**Tabel 2.** Pengukuran temperatur titik fokus lensa fresnel yang di tangkap oleh *receiver*

Local Time [hour:mnt]	Focal Point Temp [°C]
13:00	600
13:05	500
13:10	536,5
13:15	599,6
13:20	449,5
13:25	550,7
13:30	625,6
13:35	500,5
13:40	490,6
13:45	450,6
13:50	500,3
13:55	497,8
14:00	463,4



**Gambar 7.** Temperatur fokus fresnel yang diarahkan pada receiver cone

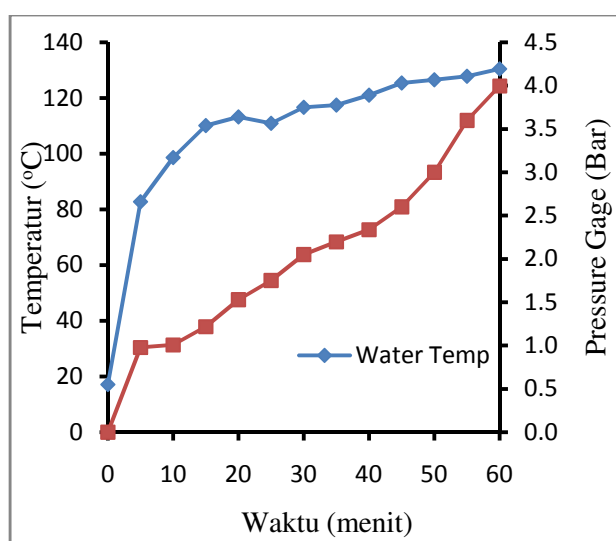
Panas yang dihasilkan sangat tinggi dan mampu untuk mengubah air di dalam receiver cone menjadi uap air. Gambar 7. Menunjukkan temperatur fokus fresnel yang diarahkan pada receiver cone. Temperatur rata-rata titik fokus pada cone receiver yang diperoleh dari lensa fresnel seluas  $0,785 \text{ m}^2$  untuk kapasitas receiver 200 mL adalah  $520,4^\circ\text{C}$ . Tabel 3. Merupakan hasil pengukuran yang menunjukkan kenaikan temperatur air dan tekanan terhadap waktu.

**Tabel 3.** Pengukuran temperatur dan tekanan uap air yang terdapat dalam receiver selama 60 menit.

Time (menit)	Water Temp[°C]	Pressure gage[Bar]
1	17,1	0
5	82,8	0,98
10	98,7	1,01
15	110,1	1,22
20	113,2	1,53
25	111	1,75
30	116,7	2,05
35	117,5	2,2
40	121,1	2,34
45	125,4	2,6
50	126,6	3
55	127,8	3,6
60	130,5	4

Gambar 8 menunjukkan kenaikan temperatur air laut dan tekanan terhadap waktu. Kenaikan temperatur yang terjadi pada proses distilasi akan menyebabkan peningkatan tekanan pada ruang receiver cone. Air garam yang mendidih dan menguap akan memberikan dorongan tekanan ke dalam ruangan. Uap air yang bertekanan tersebut selanjutnya dialirkan ke dalam kondensor untuk proses pengembunan. Pada pengujian, tekanan uap disetting pada 2 bar dan 4 bar pressure gauge hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan laju aliran volume air distilasi yang dihasilkan. Pengujian membuktikan ketika tekanan disetting hingga mencapai tekanan

pengukuran 2 Bar maka uap yang dihasilkan tidak sebesar ketika perlakuan tekanan pada 4 Bar. Pada tekanan 2 Bar uap yang keluar masih bercampur dengan air laut ini artinya masih terdapat air laut belum seluruhnya berubah fase menjadi uap. Oleh karena dalam percobaan ini data yang digunakan adalah pengukuran temperatur dan tekanan hingga mencapai 4 bar dengan asumsi bahwa air laut sudah berubah semua menjadi uap. Uap yang keluar dari receiver selanjutnya dialirkan kedalam kondensor yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air pada proses kondensasi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa, untuk luasan efektif fresnel  $0,785 \text{ m}^2$  diperoleh laju aliran volume air kondensat adalah 150 ml/jam



**Gambar 8.** Kenaikan temperatur air laut dan tekanan terhadap waktu

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian rancang bangun teknologi distilasi menggunakan konsentrator lensa fresnel ini diperoleh kesimpulan bahwa perancangan prototipe perlengkapan alat distilasi air laut berhasil membuktikan bahwa dengan panas terfokus dari lensa fresnel mampu untuk membangkitkan uap. Uap air selanjutnya dikondensasikan untuk menghasilkan air bersih.

Data penelitian diperoleh rata-rata radiasi langsung matahari *direct normal irradiation* adalah  $531,98 \text{ Watt/m}^2$ . Dimana dengan mengambil efisiensi optik lensa fresnel 83% maka daya yang diterima oleh receiver sebesar 346,61 Watt. Rata-rata radiasi matahari normal selama 60 menit pengujian adalah  $515,7 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan, temperatur rerata titik fokus pada cone receiver yang diperoleh dari lensa fresnel seluas  $0,785 \text{ m}^2$  untuk kapasitas receiver 200 mL adalah  $520,4^\circ\text{C}$ . Proses

pembangkitan fase uap basah diperoleh ketika temperatur air dalam *receiver* menunjukkan sekitar 95°C. Dari data percobaan untuk volume air laut 200 mL liter dibutuhkan waktu 10 menit Pada tekanan receiver mencapai 4 bar, uap dialirkan ke dalam koil kondensor untuk mendapatkan air bersih.

## 5.2 Saran

Untuk menyempunakan penelitian ini disarankan agar dilakukan pengujian dengan dimensi yang cukup besar dan perpindahan kalor konveksi diperhitungkan. Dengan dimensi yang besar, pemanfaatannya dapat lebih dirasakan jika kapasitas air bersih yang dihasilkan cukup besar. Dimensi yang besar akan berpengaruh dengan aliran massa dan heat transfer yang terjadi. Kondisi tersebut perlu dikajian lebih mendalam

## DAFTAR PUSTAKA

- Coffrin, S., E. Frasc, M. Santorella and M. Yanagisawa, 2008, *Solar Powered Water Distillation Device*. "Capstone Design Course", "Technical Design Report". Dept. of Mech., Ind. & Man. Eng., College of Eng. Northeastern University, Boston, USA., Pp. 1 –39., January, 2008
- Incropera F. P., dan DeWitt D. P., 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 4th ed., Wiley, New York.
- Iswadi dan Aisyah, 2013, Sistem Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum Menggunakan Tenaga Matahari, *Jurnal Al Kimia*, Vol1, No 2, 2013
- Jain, R. K., Hari Singh, Amar Varshney, Sagar Bajpai, Deepak Sharma, 2015, Study of Water Distillation by Solar Energy in India *IJMEIT*, Vol. 3 Issue 2 February Page No: 1004-1009 ISSN-2348-196x
- Jing, L., Liu, H., Lu, Z., Zhao, H., *Design of compound Fresnel-R lenses for new high-efficient concentrator*, Proc. of SPIE, Vol. 7785
- Leutz, R. dan A. Suzuki, 2001, *Non Imaging Fesnel Lens: Design and Performance of Solar Concentrator*, Springer, New York, USA, ISBN 3-54041841-s
- Lubis, Z; Afandy, N.A., 2014, Kebutuhan Air Bersih Kecamatan Glagah Kabupaten Lamongan, *Jurnal Teknika* vol 6 No 2 September 2014
- McCluney WR, *Solar Distillation of Water*, Energy Note Florida Solar Energy Centre, Florida, 1984
- Said L, Muh. Dan Iswadi, 2016, Rancang Bangun Alat Pemurni Air Laut Menjadi Air Minum Menggunakan Sistem Piramida Air (Green House Effect) Bagi Masyarakat Pulau dan Pesisir di Kota Makassar, *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Jilid 12, No 3, Desember 2016, Hal. 300 – 310
- Sharma, A., C. R. Chen, V. V. S. Murty, and A. Shukla, 2009, *Solar Cooker With Latent Heat Storage Systems: a Review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 9,
- Stonebraker, A., J. Newmeyer, M. Branner, 2010, *Parabolic Solar Water Distillation Senior Design Project Interim report*, Department of Mechanical Engineering, SDSU College of Engineering
- Vousvouras, C.A. dan Urs Heierli., 2014, *Safe Water at the Base of the Pyramid How to involve private initiatives in safe water solutions*, www.300in6.org.2010. Update 20 Maret 2014